

(43)公開日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
C 0 3 B 37/027		C 0 3 B 37/027	A 4 G 0 2 1
G 0 2 B 6/00	3 5 6	G 0 2 B 6/00	3 5 6 A

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-350539

(22) 出願日 平成11年12月9日(1999.12.9)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72)發明者 仲 恭宏

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(72)発明者 香村 幸夫

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

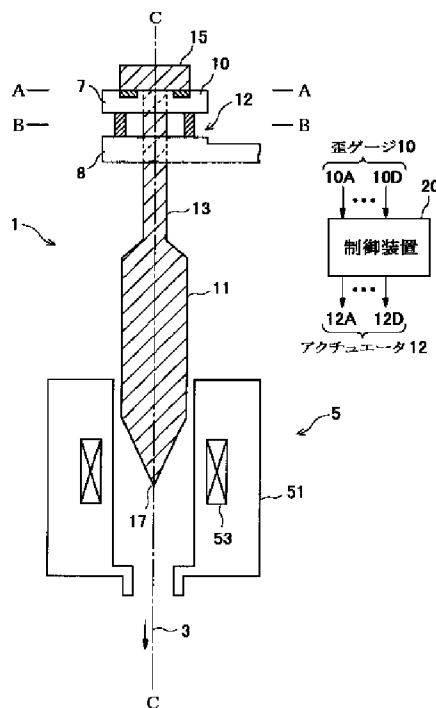
Fターム(参考) 4G021 HA02 HA05

(54)【発明の名称】 光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ母材の振動などを抑制して、高品質の光ファイバを製造する。

【解決手段】光ファイバ母材１を線引炉５において加熱・線引きして光ファイバ３を製造する光ファイバ製造装置において、光ファイバ母材１の頭部を把持する把持器７と、把持器７を支持する把持器のベース８との間に、ピエゾアクチュエータ１２を設け、把持器７に光ファイバ母材１の重量の偏りを検出する歪みゲージ１０を設ける。制御装置２０は歪みゲージ１０から光ファイバ母材１の位置ずれを検出し、ピエゾアクチュエータ１２を駆動して把持器７を変位させて光ファイバ母材１の傾きなどの位置ずれを修正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光ファイバ母材を加熱・線引きして光ファイバを製造する光ファイバ製造方法において、把持手段により把持されて垂直方向に懸垂されている光ファイバ母材の垂直方向に対する傾きを検出し、前記把持手段の傾きを調整して前記光ファイバ母材の傾きを修正する光ファイバ製造方法。

【請求項2】光ファイバ母材を線引炉において加熱・線引きして光ファイバを製造する光ファイバ製造装置において、

前記光ファイバ母材の頭部を把持する把持手段と、

前記把持手段を支持する固定手段と、

前記把持手段と前記固定手段との間に設けられ、前記固定手段に対する前記把持手段の距離または傾きを調整する位置調整手段と、

頭部が前記把持手段で支持されて懸垂されている前記光ファイバ母材の垂直方向のずれを検出する位置ずれ検出手段と、

前記位置ずれ検出手段の位置ずれ検出値に基づいて、前記位置調整手段を駆動して前記光ファイバ母材の位置ずれを修正する制御手段とを具備する光ファイバ製造装置。

【請求項3】前記位置調整手段は電圧の印加に応じて変位する圧電素子を含む、請求項2記載の光ファイバ製造装置。

【請求項4】前記位置ずれ検出手段は、前記把持手段に設けられ、前記光ファイバ母材の質量または重量の分布を検出可能に配置された複数の質量検出手段または複数の重量検出手段と、これら複数の検出手段の検出値の差から位置ずれ方向および位置ずれ量を算出する演算手段とを有する、請求項2または3記載の光ファイバ製造装置。

【請求項5】前記検出手段は歪みゲージを含む、請求項4記載の光ファイバ製造装置。

【請求項6】前記位置ずれ検出手段は、前記線引炉に導入される前の光ファイバ母材の垂直方向中心軸に対する位置ずれを検出する位置センサを含む、

請求項2または3記載の光ファイバ製造装置。

【請求項7】前記位置ずれ検出手段は、前記線引炉で線引きされた光ファイバの垂直方向中心軸に対する位置ずれを検出する位置センサを含む、

請求項2または3記載の光ファイバ製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光ファイバ母材を加熱・線引きして光ファイバを製造する光ファイバの製造方法および装置に関する。特定的には、本発明は光ファイバ母材の垂直方向の傾きを修正して、製造される光ファイバの品質を向上させる光ファイバ製造方法および光ファイバ製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ガラス微粒子を堆積して合成した光ファイバースト母材を加熱・透明化して光ファイバ母材を製造し、さらにその光ファイバ母材を加熱・線引きして、たとえば、直径が $10\mu\text{m}$ のコアとそのコアの外周に形成された直径 $125\mu\text{m}$ のクラッドを有する光ファイバを製造する。光ファイバはこのように非常に細いものであるから、その外径制御は正確に行わなければならない。そのため、光ファイバ母材の中心が正確に垂直方向に一致することが望ましい。

【0003】その一方で、光ファイバの実用化の拡大に伴い光ファイバの製造価格を低くするという要望があり、光ファイバ母材の大型化が図られている。たとえば、最近の光ファイバ母材は、長さ $2\text{m}$ 、重量 $40\text{kg}$ を越えるものもある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】光ファイバ母材の大型化は下記の問題を惹起させる。長く、重量の重い光ファイバ母材を上部の支持部を把持させているだけでは、図9(A)に図解したように、光ファイバ母材自身が撓んで下端部が振動する。そのような振動は光ファイバ母材の曲がりによる重心の偏在、光ファイバ母材の上下運動、線引炉内のガスの流れの乱れなどによって起こり、振動が継続して止まらない場合もある。

【0005】光ファイバ母材が振動すると、下記に述べるように、線引きされた光ファイバの品質を低下させる。線引炉内のヒータで加熱溶融されている光ファイバ母材のメニスカス部の温度変化が大きくなり、結果として光ファイバの直径の変動が大きくなる。光ファイバ母材の振動が大きくなると、線引炉の下部において線引きされた光ファイバの外径測定を行う外径測定装置と接触することがある。

【0006】また、光ファイバ母材の位置が線引炉の中心に対して偏在して光ファイバ母材の先端部（メニスカス部）が溶融すると、メニスカス部の温度分布が光ファイバ母材の中心に対して非対称になり、光ファイバの断面が真円にならない。

【0007】そのような問題を解決する方法として、たとえば、図10に図解したように、光ファイバ母材1の支持部13を把持器37で把持し、把持器37を水平方向駆動装置38で水平方向に移動させて、光ファイバ母材1の位置および光ファイバ3の位置を水平方向に調整する方法が、例えば、特開昭54-28156号公報に記載されている内容から容易に考えられる。線C-Cは光ファイバ3の線引き中心を示す鉛直方向を示している。光ファイバ母材1は線引炉5のヒータ53によって加熱溶融されて光ファイバ3として引き出される。しかしながら、光ファイバ母材が大型化してくると、光ファイバ母材の慣性が大きいので、水平移動の応答が遅く振動に追従できない。特に、光ファイバ母材が $1\text{Hz}$ 以上

の周波数で振動するような場合、そのような振動に追従させるには、相当大型の調整装置が必要になるが、価格、寸法などの観点から光ファイバ製造装置として実用的ではない。

【0008】さらに、図9(B)に図解したように、光ファイバ母材の支持部が曲がっていて、光ファイバ母材の下端部が鉛直方向C-Cとずれている場合もある。そのような場合、上述した水平移動による調整方法では、光ファイバ母材の全長にわたって鉛直方向に一致させることができず、問題を解決できない。

【0009】光ファイバ母材1の先端部17は線引炉5のヒータ53の近傍に位置するから、光ファイバの製造につれて光ファイバ母材全体を下方に下降させていかなければならない。さらに光ファイバが製造されるにつれて光ファイバ母材の質量は減少していくので慣性が変化し、振動特性(振動の大きさと振動の周波数など)も変化する。したがって、光ファイバ母材の状況に則した処理が必要になる。

【0010】本発明は上述した問題を克服し、光ファイバ母材の振動などに依存せず、安定して品質の高い光ファイバを製造可能な光ファイバ製造方法と光ファイバ製造装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、光ファイバ母材を加熱・線引きして光ファイバを製造する光ファイバ製造方法において、(a)把持手段により把持されて垂直方向に懸垂されている光ファイバ母材の垂直方向に対する傾きを検出し、(b)前記把持手段の傾きを調整して前記光ファイバ母材の傾きを修正する、光ファイバ製造方法が提供される。

【0012】本発明においては、光ファイバ母材の振動、曲がりなどを鉛直方向に対する傾きとして検出して、その傾きを修正するので、光ファイバ母材の姿勢を適切に調整できる。その結果、姿勢制御された光ファイバ母材から品質の高い光ファイバを製造できる。

【0013】また本発明によれば、光ファイバ母材を線引炉において加熱・線引きして光ファイバを製造する光ファイバ製造装置において、前記光ファイバ母材の頭部を把持する把持手段と、前記把持手段を支持する固定手段と、前記把持手段と前記固定手段との間に設けられ、前記固定手段に対する前記把持手段の距離または傾きを調整する位置調整手段と、頭部が前記把持手段で支持されて懸垂されている前記光ファイバ母材の垂直方向のずれを検出する位置ずれ検出手段と、前記位置ずれ検出手段の位置ずれ検出値に基づいて、前記位置調整手段を駆動して前記光ファイバ母材の位置ずれを修正する制御手段とを具備する光ファイバ製造装置が提供される。

【0014】本発明においては、位置ずれ検出手段で、光ファイバ母材の振動、曲がりなどを鉛直方向に対する傾きとして検出して、その傾きを光ファイバ母材の頭部

において位置調整手段で修正するので、光ファイバ母材の姿勢を適切に調整できる。位置調整手段としては、前記位置調整手段は電圧の印加に応じて変位する圧電素子などが、小型、応答性の速さなどの観点から好ましい。したがって、光ファイバ母材が高い周波数で振動した場合でも、十分な応答性が実現できる。

【0015】前記位置ずれ検出手段は、前記把持手段に設けられ、前記光ファイバ母材の質量または重量の分布を検出可能に配置された複数の質量検出手段または複数の重量検出手段と、これら複数の検出手段の検出値の差から位置ずれ方向および位置ずれ量を算出する演算手段とを有し得る。前記検出手段は、たとえば、歪みゲージ、ロードセルなどである。

【0016】また前記位置ずれ検出手段は、前記線引炉に導入される前の光ファイバ母材の垂直方向中心軸に対する位置ずれを検出する位置センサ、たとえば、非接触式レーザ位置センサを含むことが好ましい。

【0017】さらに前記位置ずれ検出手段は、前記線引炉で線引きされた光ファイバの垂直方向中心軸に対する位置ずれを検出する位置センサを含むことが好ましい。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の光ファイバ製造装置の複数の好適実施の形態を添付図面を参照して述べる。

【0019】第1実施の形態

図1は本発明の光ファイバ製造装置の第1実施の形態の断面図である。図2(A)は図1の線A-Aにおける断面図であり、図2(B)は図1の線B-Bにおける断面図であり、図2(C)は図1に図解した光ファイバ製造装置における歪みゲージおよびアクチュエータの取り付け位置を示す図である。図1に図解した光ファイバ母材1を線引きして光ファイバ3を製造する光ファイバ製造装置は、線引炉5と、線引炉5の上部に位置し光ファイバ母材1の母材ヘッド15を把持して光ファイバ母材1を固定している把持器7と、把持器7の下部に位置して把持器7を支持する把持器のベース8と、歪みゲージ10と、圧電素子(ピエゾアクチュエータ)12と、制御装置20とを有する。勿論、光ファイバ製造装置としては、図解されていない光ファイバの直径測定器、樹脂被覆装置、巻き取り装置などが設けられているが、図解の関係で、本発明に直接関係しない部分の図解は、図1から削除している。

【0020】光ファイバ母材1の支持部(細径部)13が把持器7の穴71および把持器のベース8の穴81を通り、光ファイバ母材1の頭部の母材ヘッド15が把持器7で把持されている。把持器7はピエゾアクチュエータ12を介して把持器のベース8で支持されている。その結果、母材ヘッド15が把持器7で把持された光ファイバ母材1が線引炉5の内部に懸垂されている。

【0021】歪みゲージ10は実際は、図2(A)に図解したように、4個の歪みゲージ10A~10Dであ

10

20

30

40

50

り、これらの4個の歪みゲージはそれぞれ45度の間隔を保って、光ファイバ母材1の母材ヘッド15と接触するように把持器7に埋め込まれている。4個の歪みゲージ10A~10Dを母材ヘッド15と接触するように把持器7に埋め込むことにより、把持器7で把持している光ファイバ母材1の重量を計測できる。4個の歪みゲージ10A~10Dは制御装置20に接続されており、制御装置20において光ファイバ母材1の重量が測定できる。4個の歪みゲージ10A~10Dを用いると光ファイバ母材1の水平面内の分布を計測できる。この面内分布により、制御装置20において光ファイバ母材1の撓み方向を検出できる。すなわち、4個の歪みゲージ10A~10Dの検出値の相互差を制御装置20で算出すれば、光ファイバ母材1のX、Y方向（二次元方向）の撓みを検出できる。このように、把持器7と、歪みゲージ10A~10Dと、制御装置20とで光ファイバ母材1の、位置ずれ、撓みなどを検出する位置ずれ検出手段として機能する。

【0022】ピエゾアクチュエータ12も実際は、図2(B)に図解したように、4個のピエゾアクチュエータ12A~12Dであり、これらの4個のピエゾアクチュエータもそれぞれ45度の間隔を保って把持器7と把持器のベース8との間に設けられている。本実施の形態においては、図2(C)に図解したように、歪みゲージ10A~10Dとピエゾアクチュエータ12A~12Dとは同じ角度位置に配設されている。しかしながら、歪みゲージ10A~10Dとピエゾアクチュエータ12A~12Dとの設置方向が同じ角度位置に設定される必要はない。ピエゾアクチュエータ12A~12Dは、電圧の印加に応じて変位する。ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位は把持器7と把持器のベース8との距離と傾きとを変化させる。把持器のベース8は固定されているから、把持器7の傾きが変化する。把持器7の傾きが変化すれば、母材ヘッド15が把持器7に把持されている光ファイバ母材1の傾き（姿勢）も変化する。このように、ピエゾアクチュエータ12A~12Dは制御装置20とともに本発明における位置調整手段として機能する。そのため、制御装置20は、後述するように、図示しない駆動回路を介してピエゾアクチュエータ12A~12Dを駆動する。ピエゾアクチュエータ12A~12Dは電圧印加に迅速に応答して変位の変化を起こすから、把持器7を把持器のベース8に対して迅速に変位（傾きの変化）を起こして、光ファイバ母材1の姿勢を変化させることができる。

【0023】懸垂されている光ファイバ母材1の母材本体部分11は、線引炉5の線引炉容器51内に位置している。線引炉5の内部にはヒータ53が設けられており、線引炉容器51の内部に導入された光ファイバ母材1の母材本体部分11の下先端部を加熱する。光ファイバ母材1の下端部は外部に引っ張られているので、ヒ

ータ53で加熱された光ファイバ母材1の下端部は溶融されてメニスカス部17となり、メニスカス部17から光ファイバ3となって線引炉5の外部に引き出される。光ファイバ3は、たとえば、直径が10 $\mu$ mのコアと、コアの外周に形成された直径が125 $\mu$ mのクラッドからなる。このようにして形成された光ファイバ3は、外径測定器（図せず）で外径が測定され、さらに樹脂被覆装置（図せず）で光ファイバ3の外周に樹脂が被覆されて、巻き取られる。

10 【0024】光ファイバ3の製造に伴って光ファイバ母材1を下降させなければならない。したがって、光ファイバ母材1を支持している把持器7、および、把持器7をピエゾアクチュエータ12を介して支持している把持器のベース8は、図示しない機構により、光ファイバ3の製造につれて下降されていく。その結果、常にヒータ53の部分にメニスカス部17が形成され、光ファイバ3が製造されていく。

【0025】本発明の制御手段としての制御装置20は上述した光ファイバ3の線引きの制御を行う他、下記に述べる光ファイバ母材1の姿勢制御を行う。以下、図3を参照して制御装置20における光ファイバ母材1の垂直方向位置制御（姿勢制御）について述べる。

【0026】ステップ1、2：制御装置20は4個の歪みゲージ10A~10Dの検出信号を所定のサンプリング周期ごと読み取り（S1）、これら検出信号の相互の値の差を算出する（S2）。

【0027】光ファイバ母材1が中心線C-Cを中心として重量がバランスしていると仮定すると、これらの検出信号の相互の差は光ファイバ母材1の傾きを示していると考えることができる。たとえば、

$$\text{偏差}\Delta w1 = (\text{歪みゲージ10Aの読み} - \text{歪みゲージ10Cの読み}) \geq 0$$

ならば、光ファイバ母材1は歪みゲージ10Cより歪みゲージ10Aに重くかかっているから、光ファイバ母材1は、図2(C)において45度-225度線上において、中心Cから225度側（歪みゲージ10C側）に傾いていると考えることができる。偏差 $\Delta w1$ がその傾きの程度を示している。すなわち、制御装置20において下記の演算を行うと、それぞれの偏差は傾き方向とその程度を示している。

【0028】

【表1】

$$\text{偏差}\Delta w1 = (\text{歪みゲージ10Aの読み} - \text{歪みゲージ10Cの読み})$$

$$\text{偏差}\Delta w2 = (\text{歪みゲージ10Bの読み} - \text{歪みゲージ10Dの読み})$$

$$\text{偏差}\Delta w3 = (\text{歪みゲージ10Aの読み} - \text{歪みゲージ10Bの読み})$$

$$\text{偏差}\Delta w4 = (\text{歪みゲージ10Bの読み} - \text{歪みゲージ10Cの読み})$$

偏差 $\Delta w5 = (\text{歪みゲージ10Cの読み} - \text{歪みゲージ10Dの読み})$

偏差 $\Delta w6 = (\text{歪みゲージ10Dの読み} - \text{歪みゲージ10Aの読み})$

【0029】 $\Delta w1 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が45-225度線において、225度側に $\Delta w1$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。 $\Delta w2 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が315-135度線において、315度側に $\Delta w2$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。 $\Delta w3 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が0度線を挟んで歪みゲージ10A側に $\Delta w3$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。 $\Delta w4 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が270度線を挟んで歪みゲージ10B側に $\Delta w4$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。 $\Delta w5 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が180度線を挟んで歪みゲージ10C側に $\Delta w5$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。 $\Delta w6 \geq 0$ ならば、光ファイバ母材1が90度線を挟んで歪みゲージ10D側に $\Delta w6$ に相当する角度だけ線C-Cから傾いている。

【0030】勿論、光ファイバ母材1の傾きは上述した6方向に限定されない。たとえば、 $\Delta w1 \geq 0$ であり、かつ、 $\Delta w2 \geq 0$ ならば、225度と315度の中間方向、すなわち、270度方向に光ファイバ母材1が傾いていることを意味している。この場合、 $\Delta w3 \geq 0$ 、かつ、 $\Delta w5 \geq 0$ ならば、実際に光ファイバ母材1が270度方向に線C-Cから傾いていることになる。その傾きの程度は、 $\Delta w3$ および $\Delta w5$ で示された値に相当する角度である。制御装置20はこのように、偏差 $\Delta w1 \sim \Delta w6$ の値を総合的に判断して光ファイバ母材1の傾き方向とその傾き角度を算出する。なお、制御装置20が傾き角度と傾き方向を算出に際しては、事前に光ファイバ母材1の長さ、重量などに応じて、各種の傾き角度と傾き方向について、歪みゲージ10A~10Dの読みは上述した偏差を基準データとして測定しておき、その基準データを参照して傾き方向と傾き角度を決定する。

【0031】歪みゲージ10A~10Dの検出信号を用いて上記差を算出するに際して、ノイズの除去、振動成分を除去して信号処理の信頼性を高めるため、所定回数サンプリングした検出値をフィルタリング処理または平均化した後、上記差の演算に使用することが望ましい。

【0032】ステップ3：制御装置20は、光ファイバ母材1の傾き方向と傾き角度を検出した場合、その傾きを相殺するように、母材ヘッド15を把持している把持器7の傾きを調整するための角度および方向を決定する。さらに制御装置20はさらに、把持器7をそのような角度位置に調整するためのピエゾアクチュエータ12A~12Dの駆動量を決定する。制御装置20における把持器7の角度調整量は、たとえば、事前に光ファイバ母材1の傾き方向と傾き角度に応じていかに把持器7の角度および向きを調整すべきかを測定しておき、テーブル

の形態でメモリに記憶しておき、テーブルルックアップ方式、および、その補間方式で決定することができる。すなわち、テーブルルックアップ方式で測定された条件について把持器7の角度および向きを決定し、テーブルに記憶されていない部分については隣接するデータから補間する。同様に、制御装置20におけるピエゾアクチュエータ12A~12Dの駆動量は、たとえば、事前に種々の把持器7の角度および向きに対するピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量の組み合わせを測定しておき、テーブルの形態でメモリに記憶しておき、テーブルルックアップ方式、および、その補間方式で決定することができる。

【0033】ステップ4：制御装置20は図示しない駆動回路を介して、上記ピエゾアクチュエータ12A~12Dを駆動する。ピエゾアクチュエータ12A~12Dは圧電素子であり、印加した電圧に応じた変位が変化する。制御装置20からピエゾアクチュエータ12A~12Dに光ファイバ母材1の姿勢制御のための制御信号を出力し、その制御信号に応じたピエゾアクチュエータ駆動電圧を発生する駆動回路（図示せず）から駆動電圧が該当するピエゾアクチュエータに印加されると印加電圧に応じた変位が生ずる。この変位の大きさにより、把持器7と把持器のベース8との間の距離が変化する。把持器のベース8に対する把持器7の傾きの変化があると、把持器7に把持されている光ファイバ母材1の垂直方向の姿勢が変化する。したがって、制御装置20から適切な姿勢制御信号を出力することにより、光ファイバ母材1の懸垂姿勢を適切に制御することができる。ピエゾアクチュエータ12A~12Dは電圧印加に応じて迅速に変位を変化させる。したがって、ピエゾアクチュエータ12A~12Dは高速なアクチュエータとして使用できる。

【0034】ステップ5：制御装置20は所定の時間だけ遅延して、再びステップ1の動作を反復する。この時間遅延は、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの駆動に伴う把持器7の変位、および、光ファイバ母材1の姿勢制御の応答遅れに起因する無駄時間を考慮したためであり、必ずしも、この遅延は必須ではない。

【0035】図4(A)は光ファイバ母材1の振動を示すグラフである。光ファイバ母材1が大型化すると、最大1mm程度の振幅で、0.3秒程度の周期で振動することがある。このような光ファイバ母材1の振動についても、本実施の形態によれば、十分追従して光ファイバ母材1の姿勢を適切に調整できる。図4(B)は光ファイバ母材1の姿勢制御のために駆動されたピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を示すグラフである。この例示においては、最大20 $\mu$ m程度の変位を起こして把持器7の傾き、ひいては、光ファイバ母材1の傾きを調整する。

【0036】第1実施の形態の第1の変形態様

上述した実施の形態は、光ファイバ母材1が理想的にバランスのとれた形状をしている場合について述べたが、光ファイバ母材1が、図9(B)に図解したように、最初から、たとえば、支持部13が曲がっていて、鉛直方向C-Cから偏心している場合もある。そのような光ファイバ母材1についても適切に姿勢制御が可能のように、制御装置20は初期状態において、図3を参照して述べた把持器7の角度制御を行い、光ファイバ母材1から適切な光ファイバ3が製造できるようにする。その結果、図9(B)に図解したような支持部13の曲がりがあっても、品質の高い光ファイバ3を製造できる。

#### 【0037】第1実施の形態の第2の変形態様

光ファイバ3の製造が進むと、光ファイバ母材1の重量は軽くなり、長さも短くなる。そうすると、一般的には、光ファイバ母材1の振動は小さくなる傾向がある。このような場合においても、適光ファイバ母材1の適切な姿勢制御を行い、高品質の光ファイバ3を製造しつづけるためには、制御装置20は、歪みゲージ10A~10Dの計測値から光ファイバ母材1の重量を測定し、そのときの重量に応じた、把持器7の角度位置、および、

【0038】なお、歪みゲージ10A~10Dを用いた光ファイバ母材1の重量の測定に代えて、光ファイバ3の製造時間から、光ファイバ母材1の重量を推定してもよい。

【0039】以上述べたように、第1実施の形態によれば、光ファイバ母材1の振動、支持部13の曲がり、光ファイバ母材1の重量変化などがあっても、品質の高い光ファイバ3を連続して製造できる。

#### 【0040】第2実施の形態

図5は本発明の光ファイバ製造装置の第2実施の形態の断面図である。図6(A)は図5の線A-Aにおける断面図であり、図6(B)は図5の線B-Bにおける断面図であり、図6(C)は図5に図解した光ファイバ製造装置における位置検出センサおよびアクチュエータの取り付け位置を示す図である。図5に図解した光ファイバ製造装置は、線引炉5と、線引炉5の上部に位置し、光ファイバ母材1の母材ヘッド15を把持して光ファイバ母材1を固定している把持器7と、把持器7の下部に位置する把持器のベース8と、光ファイバ母材位置センサ14と、ヒエゾアクチュエータ12、制御装置20とを有する。図5に図解した光ファイバ製造装置は、図1お

よび図2(A)に図解した歪みゲージ10A~10Dを削除し、線引炉5の上部に位置する光ファイバ母材位置センサ14を設けている。位置センサ14の位置検出信号は制御装置20に入力されている。その他の構成は図1に図解した光ファイバ製造装置と同様である。

【0041】光ファイバ母材位置センサ14は、たとえば、非接触式レーザ位置センサであり、レーザからの光を光ファイバ母材1の表面に照射してその反射光を受光するまでの時間から、光ファイバ母材1までの距離を測定する。光ファイバ母材1の外径は事前に分かっているから、光ファイバ母材1の表面までの距離が測定できれば、光ファイバ母材1の延長方向からの位置ずれは、制御装置20において算出できる。

【0042】図7を参照して第2実施の形態における制御装置20における光ファイバ母材1の姿勢制御について述べる。

【0043】ステップ1A、1B：制御装置20は光ファイバ母材位置センサ14の検出信号を読み取り(S1A)、その検出信号から光ファイバ母材1の鉛直方向からの位置ずれを算出する(S1B)。なお、光ファイバ母材位置センサ14の検出信号を用いて上記位置ずれを算出するに際して、ノイズの除去、振動成分の除去して信号処理の信頼性を高めるため、所定回数サンプリングした検出値をフィルタリング処理または平均化して使用することが望ましい。

【0044】ステップ3、4、5：図3を参照して述べた方法と同じである。

【0045】以上述べたように、第2実施の形態によれば、第1実施の形態と同様、光ファイバ母材1の振動、支持部13の曲がり、光ファイバ母材1の重量変化などがあっても、品質の高い光ファイバ3を連続して製造できる。

#### 【0046】第2実施の形態の第1の変形態様

上述した実施の形態は、光ファイバ母材1が理想的にバランスのとれた形状をしている場合について述べたが、光ファイバ母材1が、図9(B)に図解したように、最初から、たとえば、支持部13が曲がっていて、鉛直方向C-Cから偏心している場合もある。そのような光ファイバ母材1についても適切に姿勢制御が可能のように、第2実施の形態の第1の変形態様においても、第1実施の形態の第1の変形態様と同様、制御装置20は初期状態において、図7を参照して述べた把持器7の角度制御を行い光ファイバ母材1から適切な光ファイバ3が製造できるようにする。その結果、図9(B)に図解したような支持部13の曲がりがあっても、品質の高い光ファイバ3を製造できる。

#### 【0047】第2実施の形態の第2の変形態様

光ファイバ3の製造が進むと、光ファイバ母材1の重量は軽くなり、長さも短くなる。そうすると、一般的には、光ファイバ母材1の振動は小さくなる傾向がある。

10

20

30

40

50

このような場合においても、適光ファイバ母材1の適切な姿勢制御を行い、高品質の光ファイバ3を製造しつづけるためには、制御装置20は、光ファイバ3の製造時間から、光ファイバ母材1の重量を推定して、その時の光ファイバ母材1の重量に応じた、把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を算出する。なおこの場合も、事前に重量に応じた把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を測定しておき、テーブルルックアップ方式、および、補間方式でその時の重量に応じた、把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を算出する。その結果、光ファイバ母材1の初期状態から最終状態まで、品質の高い光ファイバ3を製造できる。

#### 【0048】第2実施の形態の第3の変形態様

光ファイバ母材1の鉛直方向からの位置ずれをさらに正確に測定するには、図5に破線で示したように、光ファイバ母材位置センサ14と直交する位置に母材ヘッド14Aを設けて、光ファイバ母材位置センサ14で0-180度方向の位置ずれを検出し、光ファイバ母材位置センサ14Aで90-270度方向の位置ずれを検出する。そうすれば、制御装置20における光ファイバ母材1の位置ずれ検出が正確になり、一層正確な光ファイバ母材1の姿勢制御が可能となる。

【0049】以上述べたように、第2実施の形態によれば、第1実施の形態と同様、光ファイバ母材1の振動、支持部13の曲がり、光ファイバ母材1の重量変化などがあっても、品質の高い光ファイバ3を連続して製造できる。

#### 【0050】第3実施の形態

図8は本発明の光ファイバ製造装置の第3実施の形態の断面図である。図6(A)~図6(C)は第3実施の形態についても適用できる。図8に図解した光ファイバ製造装置は、線引炉5と、線引炉5の上部に位置し、光ファイバ母材1の母材ヘッド15を把持して光ファイバ母材1を固定している把持器7と、把持器7の下部に位置する把持器のベース8と、光ファイバ位置センサ16と、ピエゾアクチュエータ12、制御装置20とを有する。図8に図解した光ファイバ製造装置は、図5に図解した光ファイバ母材位置センサ14に代えて光ファイバ位置センサ16を設けたものである。位置センサ16は制御装置20に接続されている。その他の構成は図5に図解した光ファイバ製造装置と同様である。

【0051】光ファイバ母材位置センサ14は、たとえば、非接触式レーザ位置センサであり、レーザからの光を光ファイバ3の表面に照射してその反射光を受光するまでの時間から、光ファイバ母材1までの距離を測定する。光ファイバ3の直径はたとえば、125μm程度と細いので、光ファイバ3の表面までの距離が光ファイバ3の中心位置と考えることができ、光ファイバ母材位置

センサ14の読みから光ファイバ3の鉛直方向からの位置ずれが制御装置20において算出できる。

【0052】制御装置20における光ファイバ母材1の姿勢制御は、図7を参照して述べた第2実施の形態と同様である。したがって第3実施の形態によれば、第2実施の形態と同様、光ファイバ母材1の振動、支持部13の曲がり、光ファイバ母材1の重量変化などがあっても、品質の高い光ファイバ3を連続して製造できる。第2実施の形態と比較すると、第3実施の形態においては、鉛直方向C-Cとの位置ずれが最も問題となる部分を光ファイバ位置センサ16で位置ずれを検出しているため、より正確な光ファイバ母材1の姿勢制御が可能となる。

#### 【0053】第3実施の形態の第1の変形態様

上述した実施の形態は、光ファイバ母材1が理想的にバランスのとれた形状をしている場合について述べたが、光ファイバ母材1が、図9(B)に図解したように、最初から、たとえば、支持部13が曲がっていて、鉛直方向から偏心している場合もある。そのような光ファイバ母材1についても適切に姿勢制御が可能のように、第3実施の形態の第1の変形態様においても、第2実施の形態の第1の変形態様と同様、制御装置20は初期状態において、図7を参照して述べた把持器7の角度制御を行い光ファイバ母材1から適切な光ファイバ3が製造できるようにする。その結果、図9(B)に図解したような支持部13の曲がりがあっても、品質の高い光ファイバ3を製造できる。

#### 【0054】第2実施の形態の第2の変形態様

光ファイバ3の製造が進むと、光ファイバ母材1の重量は軽くなり、長さも短くなる。そうすると一般的には、光ファイバ母材1の振動は小さくなる傾向がある。このような場合においても、適光ファイバ母材1の適切な姿勢制御を行い、高品質の光ファイバ3を製造しつづけるためには、制御装置20は、第2実施の形態の第2の変形態様と同様、光ファイバ3の製造時間から、光ファイバ母材1の重量を推定して、その時の光ファイバ母材1の重量に応じた、把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を算出する。なおこの場合も、事前に重量に応じた把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を測定しておき、テーブルルックアップ方式、および、補間方式でその時の重量に応じた、把持器7の角度位置、および、ピエゾアクチュエータ12A~12Dの変位量を算出する。その結果、光ファイバ母材1の初期状態から最終状態まで、品質の高い光ファイバ3を製造できる。

#### 【0055】第3実施の形態の第3の変形態様

光ファイバ母材1の鉛直方向からの位置ずれをさらに正確に測定するには、図7に破線で示したように、光ファイバ母材位置センサ14と直交する位置に母材ヘッド1

10

20

30

40

50

6Aを設けて、光ファイバ母材位置センサ16で0-180度方向の位置ずれを検出し、光ファイバ母材位置センサ16Aで90-270度方向の位置ずれを検出する。そうすれば、制御装置20における光ファイバ母材1の位置ずれの検出が正確になり、一層正確な光ファイバ母材1の姿勢制御が可能となる。

【0056】以上述べたように、第3実施の形態によれば、第2実施の形態と同様、光ファイバ母材1の振動、支持部13の曲がり、光ファイバ母材1の重量変化などがあっても、品質の高い光ファイバ3を連続して製造できる。

【0057】以下、本発明の実施例を述べる。

#### 第1実施例

図1～図3を参照して述べた第1実施の形態に対する実施例を述べる。把持器7に歪みゲージ10A～10Dを取り付けた。ピエゾアクチュエータ12A～12Dを中心位置Cから、それぞれ40mm離して、図2(B)に図解したように、45度の角度を保って4個、把持器7と把持器のベース8との間に取り付けた。ピエゾアクチュエータ12A～12Dはそれぞれ、電圧100Vを印加したとき20μmの変位が起きるものを用いた。光ファイバ母材1は長さ2000mm(2m)について1m程度の傾きが発生した。したがって、ピエゾアクチュエータ12A～12Dの20μmの変位で光ファイバ母材1を20mm程度の傾きを制御できた。応答速度を10Hz程度で行った結果、数Hzの光ファイバ母材1の振動に田対して追従性の良好な制御ができた。特に、図10に図解した制御方式に比較すると格段応答性が優れている。その結果、品質の良好な光ファイバ3が継続して製造できた。この場合、光ファイバ母材1の重量変化に伴う制御は行わなかった。

#### 【0058】その他の実施例

歪みゲージ10A～10Dに代えて、光ファイバ母材位置センサ14、光ファイバ位置センサ16をそれぞれ使用した場合についても実験した結果、第1実施例と同様の結果が得られた。なお、歪みゲージ10A～10D、光ファイバ母材位置センサ14、光ファイバ位置センサ16は、それぞれ単独で使用されるとは限らず、2種以上を同時に用いてもよい。

#### 【0059】

【発明の効果】本発明によれば、光ファイバ母材の位置ずれが少なくなり、品質の良好な光ファイバ3が安定して連続に製造できた。すなわち、本発明により製造した光ファイバはほぼ真円の断面を有しており、光ファイバの径の変動も少なく、コアおよびクラッドが正規に形成されていた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の第1実施の形態の光ファイバ製

造装置の断面図である。

【図2】図2(A)は図1の線A-Aにおける断面図であり、図2(B)は図1の線B-Bにおける断面図であり、図2(C)は図1に図解した光ファイバ製造装置における歪みゲージおよびアクチュエータの取り付け位置の方向を示す図である。

【図3】図3は図1に図解した制御装置の制御動作を示すフローチャートである。

【図4】図4(A)、(B)は図1の光ファイバ製造装置における光ファイバ母材の振動状態を示すグラフと、ピエゾアクチュエータの動作状態を示すグラフである。

【図5】図5は本発明の第2実施の形態の光ファイバ製造装置の断面図である。

【図6】図6(A)は図5の線A-Aにおける断面図であり、図6(B)は図5の線B-Bにおける断面図であり、図6(C)は図5に図解した光ファイバ製造装置における位置センサおよびアクチュエータの取り付け位置の方向を示す図である。

【図7】図7は図5に図解した制御装置の制御動作を示すフローチャートである。

【図8】図7は本発明の第3実施の形態の光ファイバ製造装置の断面図である。

【図9】図9(A)、(B)と光ファイバ母材の挙動を示すグラフである。

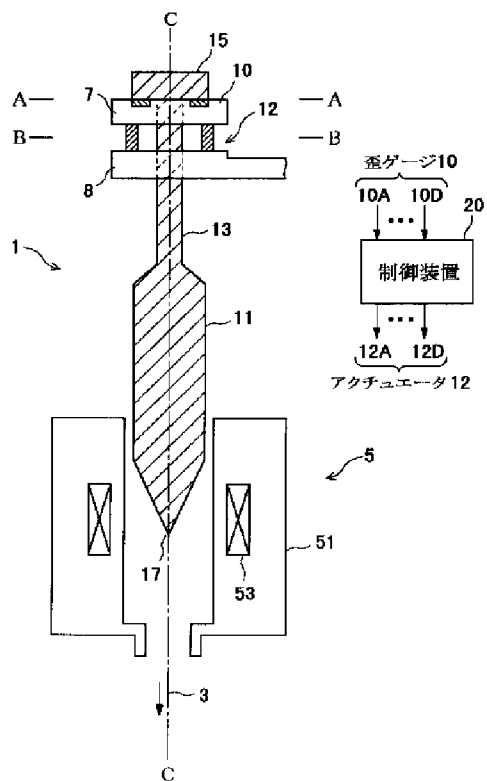
【図10】図10は従来の光ファイバ母材の位置ずれを補正する装置の構成図である。

#### 【符号の説明】

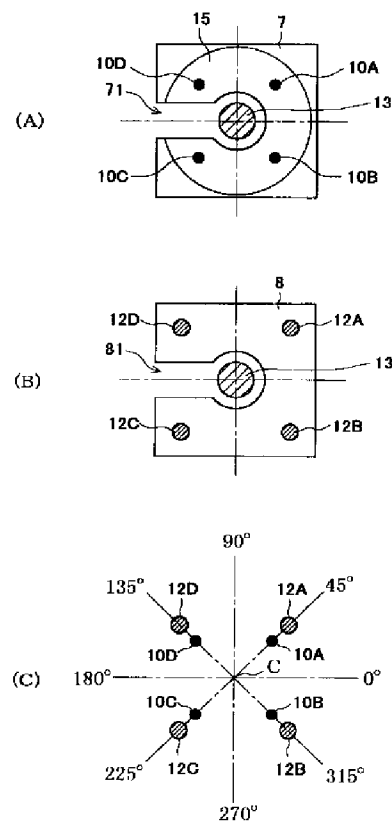
- 1・・・光ファイバ母材
- 11・・・母材本体部分
- 13・・・支持部(細径部)
- 15・・・母材ヘッド
- 17・・・メニスカス部
- 3・・・光ファイバ
- 5・・・線引炉
- 51・・・線引炉容器
- 53・・・ヒータ
- 7・・・把持器
- 71・・・穴
- 8・・・把持器のベース
- 81・・・穴
- 10・・・歪みゲージ
- 10A～10D・・・歪みゲージ
- 12・・・ピエゾアクチュエータ
- 112～12D・・・ピエゾアクチュエータ
- 14・・・光ファイバ母材位置センサ
- 16・・・光ファイバ位置センサ
- 20・・・制御装置



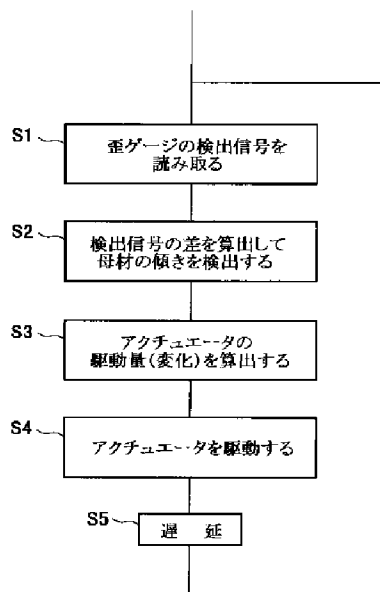
【図1】



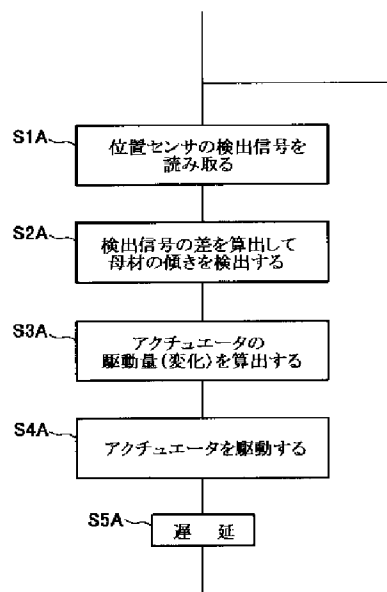
【図2】



【図3】

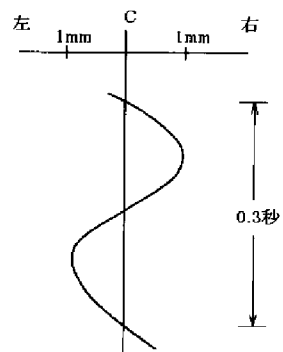


【図7】

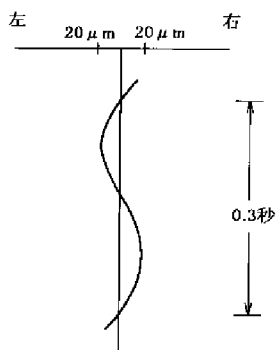


【図4】

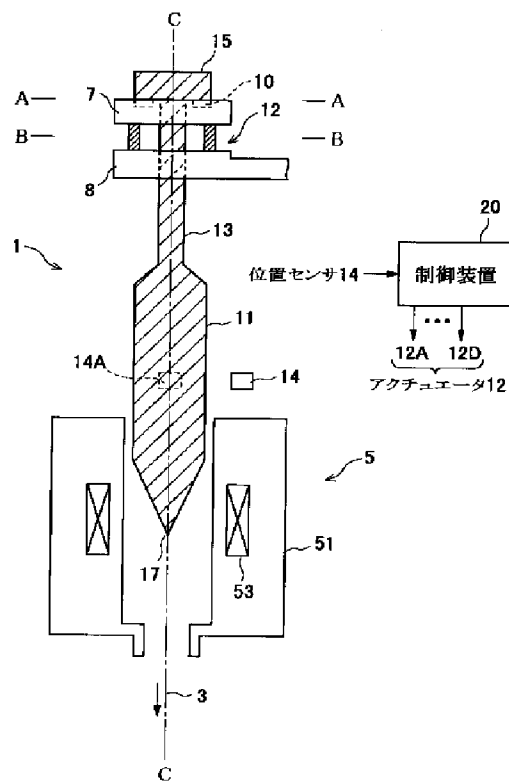
(A) 母材の傾き



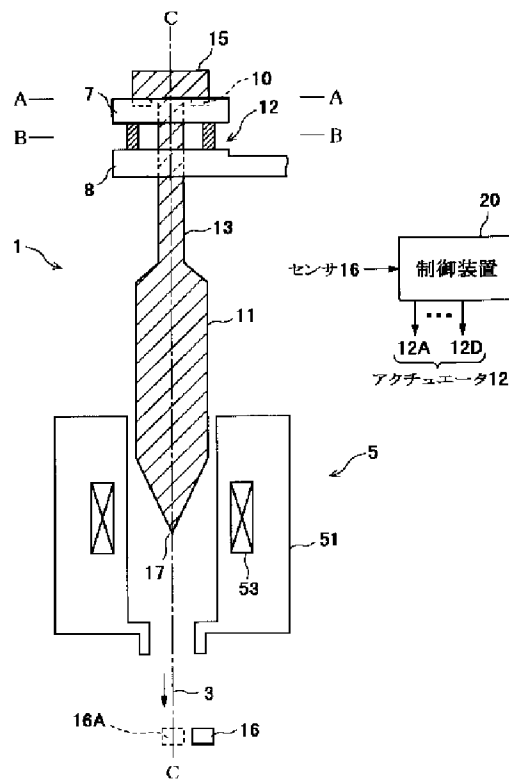
(B) 把持器の傾き



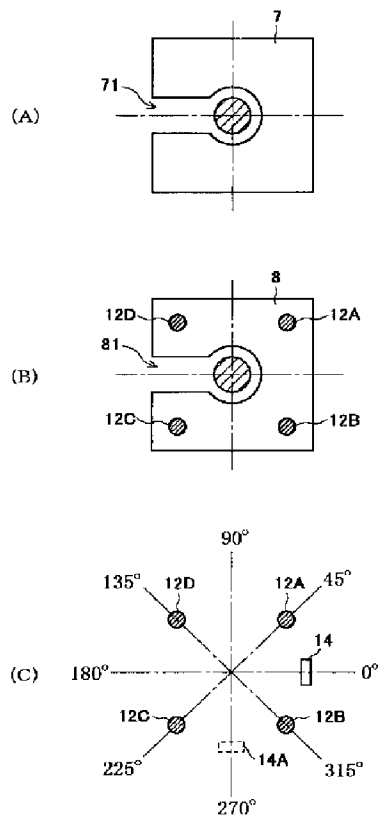
【図5】



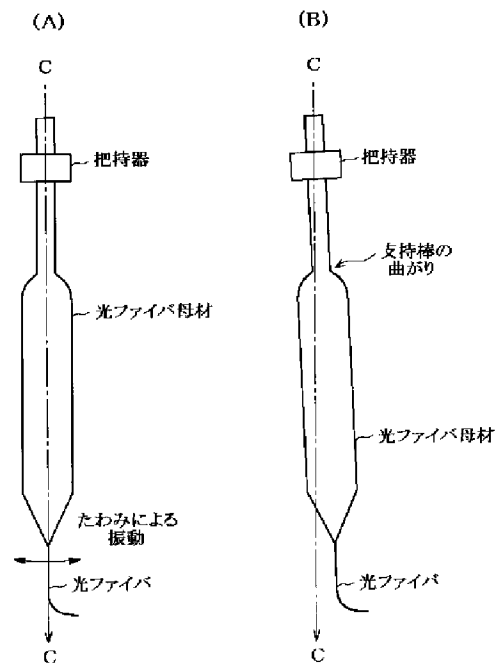
【図8】



【図6】



【図9】



【図10】

